

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

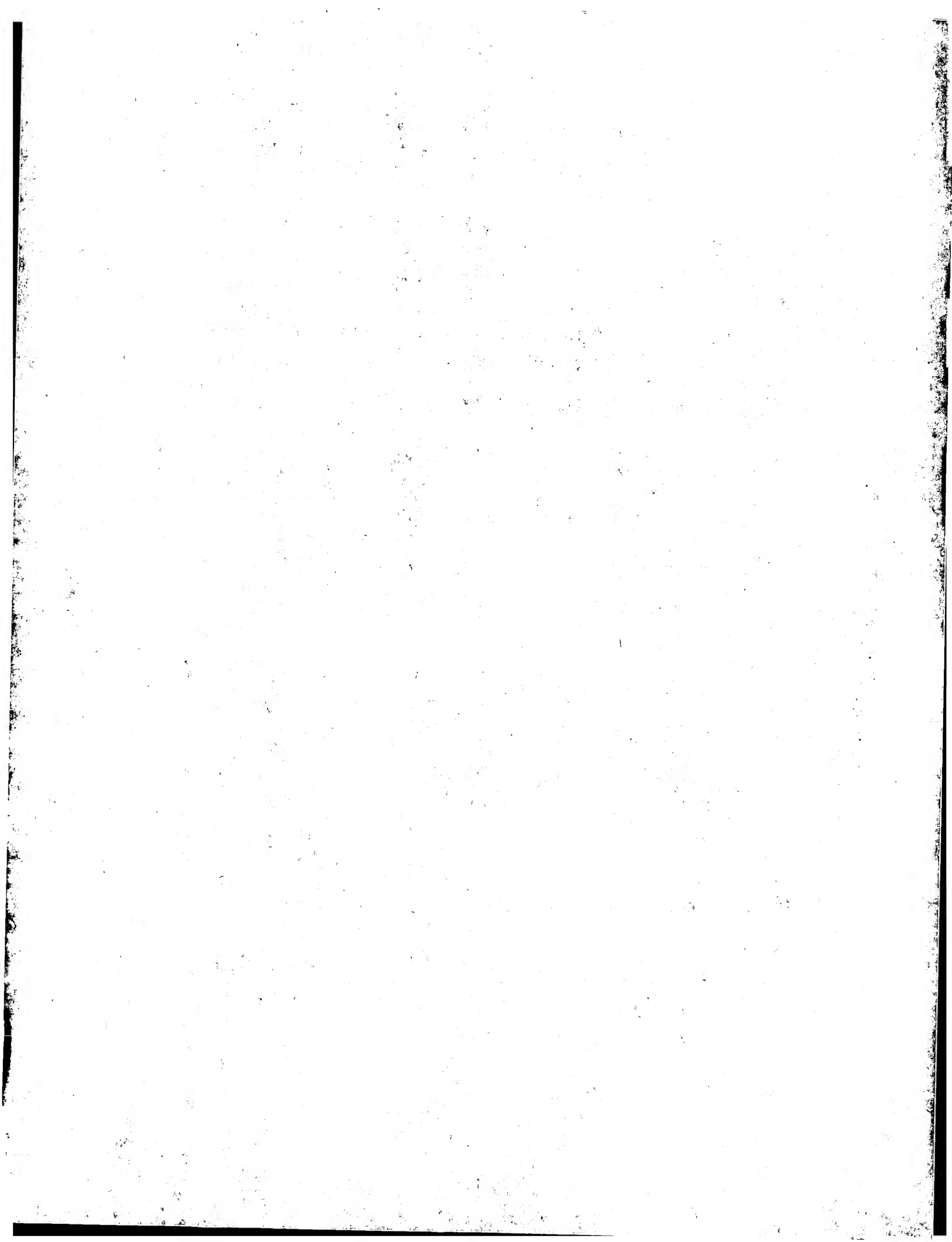
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**





Practitioner's Docket No. U 014955-3

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re application of: **JUAN CARLOS DE LA FUENTE DE ANA, et al**

Application No.: 10/743,279

Group No.: 3644

Filed: DECEMBER 22, 2003

Examiner:

For: **LIGHTNING STRIKE PROTECTION SYSTEM FOR AIRCRAFT FUEL TANKS MADE OF LOW ELECTRICAL CONDUCTIVITY COMPOSITE MATERIAL**

**Commissioner for Patents**  
**P. O. Box 1450**  
**Alexandria, VA 22313-1450**

**TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY**

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is claimed for this case:

Country:	SPAIN
Application Number:	200301351
Filing Date:	JUNE 6, 2003

**WARNING:** "When a document that is required by statute to be certified must be filed, a copy, including a photocopy or facsimile transmission of the certification is not acceptable." 37 C.F.R. 1.4(f) (emphasis added).

---

**CERTIFICATE OF MAILING (37 C.F.R. 1.8a)**

I hereby certify that this correspondence is, on the date shown below, being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to the Commissioner for Patents, P. O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

\_\_\_\_\_  
Signature

Date: April 20, 2004

William R. Evans  
(type or print name of person certifying)

018 2010  
RENT & TRAVEL  
NOV 1 1990

Reg. No. 25,858

Tel. No.: (212)708-1930

Customer No.: 00140

  
SIGNATURE OF PRACTITIONER

WILLIAM R. EVANS

*(type or print name of practitioner)*

LADAS & PARRY

P.O. Address

26 WEST 61<sup>ST</sup> STREET

NEW YORK, NEW YORK 10023

*NOTE: "The claim to priority need be in no special form and may be made by the attorney or agent, if the foreign application is referred to in the oath or declaration, as required by § 1.63." 37 C.F.R. 1.55(a).*



S.N. 10/743,279  
W014955-3  
Group No.: 3644



MINISTERIO  
DE CIENCIA  
Y TECNOLOGIA



Oficina Española  
de Patentes y Marcas

## CERTIFICADO OFICIAL

Por la presente certifico que los documentos adjuntos son copia exacta de la solicitud de PATENTE de INVENCION número 200301351, que tiene fecha de presentación en este Organismo el 6 de Junio de 2003.

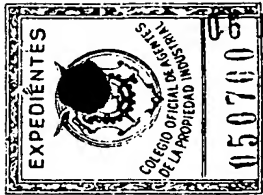
Madrid, 4 de Febrero de 2004

El Director del Departamento de Patentes  
e Información Tecnológica.

P.D.

CARMEN LENCE REIJA





06 JUN 2003

050700

Oficina Española  
de Patentes y MarcasREPT/03/03/03  
Banamá, 1 - Madrid 28071

## INSTANCIA DE SOLICITUD

NÚMERO DE SOLICITUD

P200301351

FECHA Y HORA DE PRESENTACIÓN EN LA O.E.P.M.

'03 JUN -6 12:16

FECHA Y HORA PRESENTACIÓN EN LUGAR DISTINTO O.E.P.M.

## (1) MODALIDAD

☒ PATENTE DE INVENCION☐ MODELO DE UTILIDAD

## (2) TIPO DE SOLICITUD:

☐ ADICIÓN A LA PATENTE☐ SOLICITUD PROVISIONAL☐ CAMBIO DE MODALIDAD☐ TRANSFORMACIÓN SOLICITUD PATENTE EUROPEA☐ PCT: ENTRADA FASE NACIONAL

## (3) EXP. PRINCIPAL O DE ORIGEN

MODALIDAD

N.º SOLICITUD

FECHA SOLICITUD

## (4) LUGAR DE PRESENTACIÓN:

MADRID

CÓDIGO

28

(5) SOLICITANTES: APELLIDOS O DENOMINACIÓN SOCIAL  
AIRBUS ESPAÑA S.L.

NOMBRE

NACIONALIDAD  
ESPAÑOLACÓDIGO PAÍS  
ES

DNI/CIF

CNAE

PYME

## (6) DATOS DEL PRIMER SOLICITANTE:

DOMICILIO AVDA. JOHN LENNON, S/N

LOCALIDAD GETAFE

PROVINCIA MADRID

PAÍS RESIDENCIA ESPAÑA

NACIONALIDAD ESPAÑOLA

TELÉFONO

FAX

CORREO ELECTRÓNICO

CÓDIGO POSTAL 28906

CÓDIGO PAÍS ES

CÓDIGO PAÍS ES

## (7) INVENTORES:

APELLIDOS

NOMBRE

NACIONALIDAD

CÓDIGO

1- DE LA FUENTE DE ANA

JUAN CARLOS  
JOSÉ IGNACIOESPAÑOLA  
ESPAÑOLAES  
ES

2- LÓPEZ-REINA TORRIJOS

(8)  
☐ EL SOLICITANTE ES EL INVENTOR  
☒ EL SOLICITANTE NO ES EL INVENTOR O EL ÚNICO INVENTOR

## (9) MODO DE OBTENCIÓN DEL DERECHO:

☒ INVENC. LABORAL☐ CONTRATO☐ SUCESIÓN

## (10) TÍTULO DE LA INVENCION:

SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS PARA DEPOSITOS DE COMBUSTIBLE FABRICADOS EN MATERIALES COMPUESTOS DE  
POBRE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

## (11) EFECTUADO DEPÓSITO DE MATERIA BIOLÓGICA:

☐ SI ☒ NO

## (12) EXPOSICIONES OFICIALES: LUGAR

FECHA

## (13) DECLARACIONES DE PRIORIDAD:

PAÍS DE ORIGEN

CÓDIGO  
PAÍS

NÚMERO

FECHA

(14) EL SOLICITANTE SE ACOGE AL APLAZAMIENTO DE PAGO DE TASAS PREVISTO EN EL ART. 162. LEY 11/1986 DE PATENTES ☐

## (15) AGENTE/REPRESENTANTE: NOMBRE Y DIRECCIÓN POSTAL COMPLETA. (SI AGENTE P.I., NOMBRE Y CÓDIGO) (RELLENASE, ÚNICAMENTE POR PROFESIONALES)

ALBERTO ELZABURU MÁRQUEZ (232(1)) Colegiado número 149

Miguel Ángel 21 28010 - Madrid España

## (16) RELACIÓN DE DOCUMENTOS QUE SE ACOMPAÑAN:

☒ DESCRIPCIÓN N.º DE PÁGINAS: 16☒ N.º DE REVINDICACIONES: 5☒ DIBUJOS. N.º DE PÁGINAS: 3☐ LISTA DE SECUENCIAS N.º DE PÁGINAS:☒ RESUMEN☐ DOCUMENTO DE PRIORIDAD☐ TRADUCCIÓN DEL DOCUMENTO DE PRIORIDAD☒ DOCUMENTO DE REPRESENTACIÓN☒ JUSTIFICANTE DEL PAGO DE TASA DE SOLICITUD☐ HOJA DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA☐ PRUEBAS DE LOS DIBUJOS☐ CUESTIONARIO DE PROSPECCIÓN☐ OTROS:

FIRMA DEL SOLICITANTE O REPRESENTANTE

ALBERTO ELZABURU MÁRQUEZ  
por mi compañero

(VER COMUNICACIÓN AL DORSO)

FIRMA DEL FUNCIONARIO

## NOTIFICACIÓN SOBRE LA TASA DE CONCESIÓN:

Se le notifica que esta solicitud se considerará retirada si no procede al pago de la tasa de concesión;  
para el pago de esta tasa dispone de tres meses a contar desde la publicación del anuncio de la concesión en el  
BOPI, más los diez días que establece el art.81 del R.D. 2245/1986.



## RESUMEN Y GRÁFICO

### RESUMEN (Máx. 150 palabras)

Sistema de protección contra rayos para depósitos de combustible fabricados en materiales compuestos de pobre conductividad eléctrica. Comprende una malla metálica conductora (1) de hilo fino que cubre toda la superficie externa del revestimiento exterior (I) de material compuesto del depósito, y una malla metálica (2) de hilo grueso que solapa a la malla (1) en una distancia mínima de 50mm a ambos lados de una línea de elementos sujetadores (III) que unen dicho revestimiento exterior (I) con una pieza interna (II) de material compuesto o metálico. Ambas mallas metálicas (1, 2) están en contacto eléctrico por su instalación/montaje y a través de arandelas metálicas (3) de puesta a masa, de cabeza avellanada, encajadas en la holgura existente entre el elemento sujetador (III) y el revestimiento exterior (I). Se describe también un procedimiento de fabricación correspondiente.

### GRÁFICO

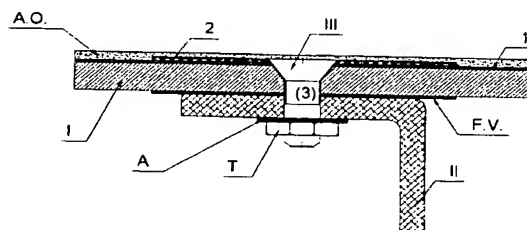


Figura 3



(12)

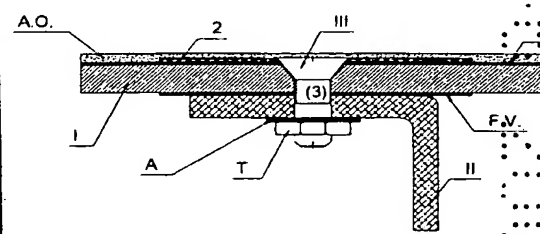
# SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCION

(21)	NÚMERO DE SOLICITUD
P200501351	
(22)	FECHA DE PRESENTACIÓN
06 JUN. 2003	
(62)	PATENTE DE LA QUE ES DMSORIA

(31) NÚMERO	DATOS DE PRIORIDAD	(32) FECHA	(33) PAÍS
-------------	--------------------	------------	-----------

(71) SOLICITANTE (S)	
<b>AIRBUS ESPAÑA S.L.</b>	
DOMICILIO <b>Avda. John Lennon, S/N</b>	NACIONALIDAD <b>Española</b>
<b>Getafe, Madrid - 28906, España</b>	

(72) INVENTOR (ES)
--------------------

(51) Int. Cl.	GRÁFICO (SÓLO PARA INTERPRETAR RESUMEN)
(54) TÍTULO DE LA INVENCION	
<b>"SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS PARA DEPOSITOS DE COMBUSTIBLE FABRICADOS EN MATERIALES COMPUESTOS DE POBRE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA"</b>	

(57) RESUMEN
<p>Sistema de protección contra rayos para depósitos de combustible fabricados en materiales compuestos de pobre conductividad eléctrica. Comprende una malla metálica conductora (1) de hilo fino que cubre toda la superficie externa del revestimiento exterior (I) de material compuesto del depósito, y una malla metálica (2) de hilo grueso que solapa a la malla (1) en una distancia mínima de 50mm a ambos lados de una línea de elementos sujetadores (III) que unen dicho revestimiento exterior (I) con una pieza interna (II) de material compuesto o metálico. Ambas mallas metálicas (1, 2) están en contacto eléctrico por su instalación/montaje y a través de arandelas metálicas (3) de puesta a masa, de cabeza avellanada, encajadas en la holgura existente entre el elemento sujetador (III) y el revestimiento exterior (I). Se describe también un procedimiento de fabricación correspondiente.</p>

# **SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS PARA DEPOSITOS DE COMBUSTIBLE FABRICADOS EN MATERIALES COMPUESTOS DE POBRE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA**

5

## **CAMPO DE LA INVENCION**

La invención se refiere a un sistema de protección frente a descargas eléctricas severas provocadas por el impacto de rayos en depósitos que contienen combustible, fabricados en materiales compuestos de baja conductividad eléctrica (p.ej. fibra de carbono), así como a un procedimiento para su fabricación.

## **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Los materiales compuestos ofrecen una alta resistencia eléctrica en comparación con los materiales metálicos que tradicionalmente se han usado para la fabricación de depósitos de combustible. Mientras que los materiales metálicos pueden considerarse isótropos desde el punto de vista eléctrico, en el caso de los materiales compuestos (p.e. fibra de carbono en matriz epoxy) no puede decirse lo mismo, siendo de conducción eléctrica pobre debido a que la continuidad eléctrica en estos materiales sólo se produce, según la dirección de las fibras, dado que éstas poseen cierta continuidad eléctrica (p.ej. fibras de carbono), presentando el material señalado alta resistencia eléctrica en dirección perpendicular a las mismas (anisótropo) según la matriz de epoxy.

Este comportamiento se encuentra reflejado en el correspondiente esquema adjunto en la figura 1, donde se muestran las dos partes fundamentales en toda estructura construida a partir de un apilado de capas de material compuesto. Las fibras permiten el paso de corriente con relativa facilidad, mientras que la resina que une y da consistencia a estas fibras no permite el paso de corriente, degradándose cuando se somete a elevadas densidades de corriente. Esta degradación provoca la pérdida de las propiedades mecánicas así como la falta de estanqueidad en estructuras que contienen líquidos como en el caso de depósitos.

Los fenómenos relacionados con descargas eléctricas (impacto de rayo) moderadas o severas que deben prevenirse en una estructura fabricada en material compuesto para asegurar su integridad estructural / estanqueidad son:

- 5           - Puntos Calientes ("Hot Spots"): la alta densidad de corriente en ciertas localizaciones puntuales de la estructura como uniones o elementos de intersección puede originar puntos de elevada temperatura. Si esta temperatura excede los 200 °C (punto de autoignición considerado por autoridades FAA/JAA del combustible), el combustible puede alcanzar su
- 10           punto de inflamación en caso de que este presente las concentraciones estequiométricas adecuadas en el interior del depósito.
- Daños Estructurales (agujeros, delaminaciones, fundido del material o "melting"...): cuando una estructura es sometida a una fuerte descarga
- 15           como la procedente de un rayo se producen daños estructurales que, de ser muy severos, pueden provocar el fallo estructural global.
- Arcos Eléctricos ("sparking"): el flujo de corriente a través de materiales con distintas resistividades y en ubicaciones geoméricamente separadas puede
- 20           producir diferencias de potencial entre ellos, liberando descargas en forma de arco eléctrico y provocando la ignición de combustible / líquido inflamable contenido en el interior de la estructura.

Como se ha descrito anteriormente, el uso de materiales compuestos de baja

25   conductividad eléctrica para la fabricación de tanques o depósitos de combustible genera riesgos adicionales al relacionado con los daños estructurales, pudiendo implicar el fallo global/catastrófico. Por este motivo, debe proveerse al elemento en cuestión de la protección adecuada para evitar la aparición de estos riesgos debidos al efecto de una severa descarga eléctrica como la provocada por medios naturales

30   (rayos). El sistema de la presente invención muestra la posibilidad de dotar a la estructura (tanque) con elementos, materiales, así como la disposición adecuada de éstos que optimicen la protección.

Las estructuras realizadas en materiales compuestos y concretamente en fibra

35   de carbono presentan un valor de resistencia óhmica 100 veces superior a la de una

estructura equivalente de aluminio. Esta circunstancia permite predecir, basándose en la experiencia aportada por ensayos y estudios, el comportamiento de una estructura fabricada en fibra de carbono (u otro material compuesto de baja conductividad) sometida a una descarga eléctrica. Los daños causados son mayores y de diferente naturaleza, por lo que la protección debe abordarse teniendo en cuenta estas propiedades inherentes al material. Así, el mecanismo de daño provocado por las descargas eléctricas de las estructuras de fibra de carbono frente a los componentes metálicos tradicionales (aluminio) puede diferenciarse del siguiente modo: mientras que en estos últimos el daño se presenta frecuentemente como una perforación originada por el calentamiento del material hasta llegar a su fundición debido a la alta temperatura con una ligera deformación inherente al proceso, en los materiales compuestos como la fibra de carbono el daño se presenta en forma de delaminaciones (desgarros y roturas de las fibras del material) a la que puede ir asociada una superficie dañada notablemente superior a la que se obtiene en materiales metálicos con frecuentes perforaciones / agujeros en el lugar del impacto / descarga eléctrica. La pérdida de propiedades eléctricas ya no está limitada a una perforación con la correspondiente acumulación local de esfuerzos en ésta, sino que aparece además una degradación de las propiedades de mayor extensión a través de la rotura de las fibras, principales responsables de soportar las cargas que condicionan el diseño de la estructura.

Dada la alta resistencia eléctrica de las estructuras aquí consideradas de material compuesto, las hipótesis tradicionales aplicadas a los materiales metálicos que permitían simplificar el pulso de corriente que emula la descarga de un rayo con una frecuencia nula, no es aplicable a este último tipo de estructuras de material compuesto. Esto hace que la frecuencia deba considerarse implicando picos de corriente, desfases y transitorios que incrementan los efectos inducidos de la propia estructura, prolongando el daño producido en la misma y haciendo importante la consideración de otros fenómenos como el "sparking" en los que la diferencia de potencial por corrientes inducidas y desfasadas en el tiempo en el interior del tanque puede provocar el salto de arco en el interior.

La presente invención trata de presentar un sistema basado en los principales hitos de fabricación de depósitos en materiales compuestos con la posibilidad de añadir elementos metálicos (mallas, subestructuras metálicas de alta conductividad

eléctrica) que aseguren la integridad del depósito o tanque de combustible fabricado en caso de descarga eléctrica.

Se trata de proceder a la construcción del elemento en cuestión (tanque o depósito de combustible u otro líquido inflamable) con una óptima disposición de los elementos expuestos para garantizar que frente a una descarga eléctrica proveniente de un rayo por ejemplo, el depósito de combustible sea capaz de conducir la corriente eléctrica formando parte del arco eléctrico. Asimismo, la disposición del revestimiento exterior, elementos estructurales internos, elementos sujetadores (p.ej. remaches),  
10 mallas metálicas y otros elementos específicamente dedicados a la protección permiten la obtención de un tanque que puede soportar los efectos directos de la descarga así como aquellos derivados de éstos provenientes de una descarga eléctrica.

15

### **DESCRIPCION DE LA INVENCIÓN**

El sistema de protección aquí expuesto trata de minimizar los daños provocados en depósitos de combustible fabricados en materiales compuestos (comunes hoy en día en las estructuras aeronáuticas), canalizando la corriente  
20 desencadenada por la acción externa de un rayo u otras descargas eléctricas de elevada intensidad y favoreciendo la dispersión de la misma, así como permitiendo vías de conducción de baja resistencia eléctrica, evitando severos daños estructurales producidos en el caso de una descarga en los elementos de elevada resistividad integrantes de la estructura.

25

El sistema considera una estructura global fabricada en su mayor parte de un material compuesto de pobre conductividad (tal es el caso de la fibra de carbono), que presenta elementos internos o una subestructura que puede ser metálica o de material compuesto. En general y como se ha descrito anteriormente, los materiales  
30 compuestos poseen una baja conductividad eléctrica en sentido perpendicular a las fibras, por lo que por sí mismos y sin ningún otro medio de protección una descarga eléctrica severa como la procedente de un rayo puede dar lugar a daños causantes del fallo estructural del depósito o pérdida de la estanqueidad del mismo. Generalmente, en estos casos el único parámetro que puede determinar la cuantía del daño es el  
35 espesor del material.

Básicamente la configuración general de la estructura que integra el depósito de combustible destinado a contener elementos inflamables y objeto del sistema de protección de la presente invención consta de:

- 5           - Un revestimiento externo de material compuesto de pobre conductividad eléctrica pero NO aislante. El material mas comúnmente aceptado y de mayor aplicación para tal fin en las estructuras actuales es la fibra de carbono.
- 10           - Una pieza / elemento interno que puede ser de material compuesto o metálico. Dicho elemento puede considerarse como un elemento integrante de la estructura y puede destinarse cuando sea de material metálico a la conducción de corriente a través del vástago del elemento sujetador provisto de una arandela metálica que mejora la continuidad y fijación de la  
15           unión.
- Un elemento sujetador (remache o tornillo de titanio) que une las dos piezas anteriores. Dicho elemento tiene la cabeza avellanada y dispone de una arandela (metálica cuando el elemento interno sea también metálico, y de  
20           material aislante, por ejemplo fibra de vidrio, cuando el elemento interno sea de material compuesto). El elemento sujetador termina en una tuerca de material metálico, requerida para la fijación de las partes integrantes. Para la correcta instalación del elemento sujetador puede requerirse la  
25           instalacion de una arandela entre la tuerca y la cara inferior de la pieza interna a sujetar. Dicha arandela será de material aislante (por ejemplo, fibra de vidrio para asegurar la compatibilidad de materiales) en el caso de que la pieza interna sea de material compuesto, o metálica en el caso de que la pieza interna sea de este mismo material.
- 30           - Finalmente, la estructura está cubierta por un acabado orgánico (pintura) cubriendo la superficie externa.

Por este motivo y teniendo en cuenta toda la labor de investigación y experiencia anterior en la protección de este tipo de estructuras, se propone una

configuración que optimiza el flujo de corriente a través de estas estructuras empleando los siguientes componentes:

- 5        - Malla de bronce externa de hilo fino, instalada sobre la superficie exterior del tanque y que contribuye a la dispersión de la corriente e impide la localización puntual del daño. Este tipo de malla unido a un adecuado espesor del revestimiento estructural contribuye a evitar las perforaciones/ agujeros en el depósito/tanque que comprometerían la estanqueidad al ser sometido a una descarga eléctrica severa.
- 10       - Malla de bronce externa de hilo grueso solapando a la malla de bronce de hilo fino un mínimo de 50 mm a ambos lados de las líneas de remaches/tornillos estructurales. Estas mallas optimizan el comportamiento siempre crítico de las uniones en estructuras de material compuesto, bien:
- 15       uniones entre elementos de material compuesto, o bien uniones híbridas en las que se unen materiales compuestos a materiales metálicos. El comportamiento especialmente crítico en las uniones estructurales en este tipo de materiales se debe a la diferencia de resistencias, y a contactos eléctricos defectuosos entre los elementos de la propia unión que pueden
- 20       provocar altas densidades de corriente.

Por lo tanto, la pérdida de continuidad eléctrica en las uniones hace que se deba proteger de forma especial en estas zonas optimizando los elementos disponibles para dicho fin. La malla de bronce gruesa solapando a la fina a lo largo de la línea de remachado permite aumentar la sección exterior metálica mejorando la dispersión de la corriente en las hileras de remaches; esto impide que la acción de la corriente pueda localizarse en un solo elemento sujetador, lo que implicaría altas densidades de corriente y en consecuencia que en las superficies internas se presenten fuertes diferencias de potencial que podrían formar un arco eléctrico interno a la estructura.

Asimismo, la posibilidad de dispersar la corriente eficientemente en las hileras de elementos sujetadores permite evitar la aparición de puntos calientes ("hot spots") en la cara interna del revestimiento causantes de la ignición del combustible.

- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- Las arandelas de puesta a masa son el tercer elemento propuesto en la protección global de la que la presente invención dota a un depósito de combustible fabricado en material compuesto. Estas arandelas permiten evitar la acumulación de la corriente en elementos críticos como de hecho son en sí mismos los elementos sujetadores (tornillos o remaches), y más concretamente el vástago de los mismos que proporciona un camino a la corriente desde la superficie exterior hacia las caras y elementos estructurales internos del depósito de combustible. Estas arandelas permiten aprovechar dos circunstancias que se presentan en las uniones estructurales. Por una parte permiten la conexión eléctrica entre las mallas externas y los elementos estructurales internos cuando éstos sean metálicos y estén en contacto con la estructura metálica principal del depósito. Esto define una vía de conducción de la corriente descargada, permitiendo drenarla a través de estructuras metálicas de alta capacidad de conducción y evitando la liberación de energía de la corriente del rayo en forma de daños estructurales. Por otra parte con las arandelas se asegura una óptima sujeción de los remaches/tornillos de obvias ventajas en montaje, pero además la disminución de la holgura en estos elementos sujetadores asegura un buen contacto eléctrico disminuyendo la resistencia de la unión. La descripción del mecanismo aquí descrito se encuentra recogido en el esquema de la figura 2.
  - Finalmente, la instalación de una capa de fibra de vidrio en la superficie de contacto entre la cara interna del revestimiento de material compuesto de baja conductividad (p.e. fibra de carbono) y la(s) pieza(s) interna(s) metálica(s). Esta capa cumple con dos objetivos tecnológicos:
    - a) Por una parte evita la incompatibilidad galvánica instalando materiales de similar par, evitando que la estructura metálica interna presente problemas de corrosión. Este fenómeno comprometería la integridad de la protección propuesta, y especialmente, la capacidad mecánica de la estructura resultante.
    - b) El solape de la capa de fibra de vidrio en al menos 25 mm a ambos lados de la superficie de la pieza metálica interna evita la aparición

de diferencias de potencial entre puntos separados por aire y/o superficie aislante que originen arcos eléctricos ("sparking") en el interior del tanque.

5 El problema planteado por la invención ha sido ya objeto de intentos de solución anteriores. Así, en la patente US-A-3.775.713 se señala que, para proteger los lugares expuestos a descargas eléctricas, se utiliza sobre la superficie exterior una malla de alambre tricotada, situándose superiormente un recubrimiento orgánico. Sin embargo, esta protección ofrece una insuficiente cobertura para la cabeza de los  
10 elementos sujetadores (tornillos y/o remaches) tal y como se encuentra descrita la patente referida. Dado que la estructura considerada es de fibra de vidrio y por lo tanto no conductora, el daño provocado por una descarga eléctrica / rayo en una de las cabezas de los remaches señalados provoca daños severos al conjunto.

15 El material de protección contra rayos y descargas en general que tradicionalmente se ha venido usando es el aluminio (de alta conductividad eléctrica). Este aluminio es aplicado frecuentemente como una pulverización a la llama, una malla tejida, una hoja o un chapado. Este método funciona satisfactoriamente cuando la estructura a proteger es aislante (fibra de vidrio o Kevlar). Sin embargo, el aluminio  
20 es incompatible con determinados materiales compuestos como los fabricados a partir de fibra de carbono. Esta incompatibilidad se basa en un par galvánico muy distinto que hace que el aluminio presente fuertes problemas de corrosión comprometiendo la efectividad de la protección aplicada. El aislamiento de la protección propuesta formada por aluminio no es una opción válida dado que se pierde la posibilidad de  
25 dispersar la corriente eléctrica procedente de la descarga.

Otra solución para el problema planteado la constituye la solicitud de patente WO-A-8401487, en la cual se desarrolla un sistema para proteger una estructura de material compuesto de epoxy y fibras de grafito destinado a estructuras aeronáuticas, que tiene un elemento sujetador insertado en ella, incluyendo dicho elemento  
30 sujetador una superficie de la cabeza que se oriente hacia una cara / superficie exterior de dicha estructura de material compuesto. Los elementos integrantes de la solución planteada en esta solicitud son los siguientes: una capa de tejido de grafito chapado con níquel que se extiende a lo largo de dicha porción de superficie exterior  
35 de material compuesto; un chapado de níquel sobre cada cabeza de cada uno de los

elementos sujetadores; y finalmente una capa de material aislante. Esto significa que se dispone sobre toda la estructura inclusive la cabeza del remache, una completa capa protectora, que está construida por diversos materiales en una gran cantidad, con lo que se establece un considerable peso. Este peso, como es sabido, es  
5 indeseable en sumo grado en las estructuras aeronáuticas.

La patente ES-A-2006356 propone la instalación de material aislante entre una malla metálica y un revestimiento de material compuesto; este elemento resulta determinante en la filosofía de obtención de un sistema de protección estructural. La  
10 filosofía de protección es radicalmente distinta a la solución propuesta en la presente invención. Mientras que el invento presentado en la patente ES-A-2006356 está basado en centralizar la mayor parte de la corriente en superficies concretas de la estructura con un coste de mantenimiento y fabricación elevado dadas las partes integrantes, el sistema expuesto en la presente invención contempla la disipación de la  
15 corriente usando toda la superficie externa de la estructura, favoreciendo la disipación y drenaje de la misma de forma que la cantidad de daños sea mínima.

Un sistema de protección propuesto en la patente EP-A-0685389 está fundamentado en la conducción de la mayor parte de la descarga eléctrica por zonas  
20 localizadas en las que para tal fin se han dispuesto materiales o bandas metálicas que poseen una alta capacidad de drenaje de altas intensidades de corriente. No obstante, dicha banda implica un considerable incremento de peso siendo de difícil montaje e instalación. Al no estar la banda metálica curada pueden producirse despegues  
frecuentes, incrementándose las operaciones de mantenimiento necesario y obligando  
25 frecuentes daños superficiales a que se realicen reparaciones, encareciendo la solución patentada considerablemente. Se considera que el uso de la malla metálica recogida en la presente invención no sólo es de más fácil aplicación, sino que también contribuye a una notable mejora en el nivel de protección ya que la malla permite una mejor redistribución de la corriente del rayo, incrementándose la integridad estructural  
30 en caso de descarga eléctrica o impacto de rayo.

En la patente EP-A-0685389 no se ofrecen los parámetros relacionados con el nivel de descarga con el que se ha demostrado el sistema patentado, considerado en cada zona o región, sin presentar por lo tanto las condiciones que se han tenido en  
35 cuenta en los ensayos llevados a cabo. Valores como la A.I. (acción integral) que

5 permiten evaluar los daños ocasionados en la estructura a proteger frente a una posible descarga eléctrica no aparece en la descripción de la patente EP-A-0685389. La eficiencia de la protección del sistema inventado depende en gran medida de las características geométricas / dimensionales de la banda metálica propuesta sobre la que se sostiene la mayor parte de la protección otorgada a la solución patentada.

10 La patente EP-A-0248122 presenta una solución obsoleta y de dudosa rentabilidad económica dada la instalación y fabricación de elementos que en ésta se recogen. Así, la continuidad eléctrica se consigue con la instalación de elementos adicionales denominados "conductive sleeves" que complican y encarecen excesivamente el montaje, incrementan el peso e introducen un serio riesgo de delaminación y daños en la estructura de material compuesto, perjudicando por lo tanto las propiedades mecánicas de tal estructura resultante, cuyo principal y último objetivo reside en la integridad mecánica de la estructura.

15 La malla de cobre propuesta en la patente EP-A-0248122 presenta un mal comportamiento frente a la corrosión con el ambiente exterior. Si bien es conocida la mejor conductividad del cobre frente al bronce, considerando la malla de cobre envejecida que propone la patente, los resultados de los ensayos que fueron realizados por C.A.S.A. frente a un impacto de rayo reflejaron un comportamiento peor en la malla de cobre respecto a la malla de bronce. Para las mismas condiciones de ensayo, una malla de cobre puede alcanzar el doble de temperatura que la malla de bronce, y aumenta hasta en 5 veces la cantidad de superficie delaminada en mallas de cobre. La posibilidad de obtener puntos calientes, y por tanto la probabilidad de que el combustible pueda inflamarse, es mucho mayor con una protección basada en la utilización de malla de cobre que en el caso de la malla de bronce bajo estas condiciones. La integridad de la estructura puede quedar notablemente dañada dada la alta probabilidad de delaminación existente, aumentando las reparaciones de la estructura a proteger.

25 30 Asimismo, en la solución descrita en EP-A-0248122 no se incluyen las condiciones ensayadas a las que está sometida la estructura dependiendo de la zonificación que se le atribuye. Las protecciones propuestas en la presente invención están fundamentadas en ensayos cuyos parámetros técnicos correspondientes están definidos para el ensayo más severo que consiste en un impacto directo de rayo en el

35

“tip” (extremo del ala o estabilizador horizontal continente de material inflamable o vapores como por ejemplo combustible de aviación) (zona 1: 200 kA y  $AI = 2 \cdot 10^6 A^2 \cdot s$ ). La utilización de los parámetros adecuados permite la validación y certificación de la configuración. Dichos parámetros dependen a su vez de la probabilidad de impacto directo de rayo (zonificación). La validez de las soluciones ya patentadas no presenta indicios suficientes como para asegurar la eficiencia de las mismas contrastadas con un nivel de exigencia determinada por las autoridades (en este caso JAA/FAA) que proporcionan la credibilidad necesarias a la protección descrita las respectivas patentes.

10

El sistema propuesto por la presente invención resulta de gran sencillez de montaje, ofreciendo un bajo mantenimiento y coste frente a otras soluciones ya patentadas y expuestas previamente, que ofrecen configuraciones mas complejas y llevan asociado un incremento en términos de peso, pobre mantenibilidad y elevado coste, no ofreciendo mejoras en la protección de la estructura frente a descargas eléctricas (rayos). Por este motivo, la solución de la presente invención basa su eficiencia en la experiencia recabada a lo largo del tiempo, no sólo a través de la fabricación y montaje de elementos de materiales compuestos y metálicos sino también con los intensos trabajos de investigación llevados a cabo a través de múltiples ensayos que permiten optimizar la configuración de la unión, haciendo que ésta tenga un buen comportamiento frente a una descarga eléctrica y ofreciendo así un sistema de protección estructural contra rayos.

15

La sociedad solicitante ha desarrollado intensos trabajos de investigación con el fin de conseguir un sistema satisfactorio y más barato así como más ligero que los ya mencionados, habiendo conseguido, finalmente, varios sistemas de protección incluidos en las patentes españolas ES-A-2006356 y ES-A-2008432. Como evolución de la primera de las patentes mencionadas se propone un sistema que proporciona una aplicabilidad y facilidad de fabricación de gran sencillez en la presente solicitud.

20

La presente invención ha desarrollado también un procedimiento de fabricación del sistema de protección contra descargas eléctricas anteriormente descrito que comprende los pasos siguientes:

25

30

- 5      ◦ Fabricación del revestimiento exterior de material compuesto con el apilado de capas de material requeridas hasta lograr el espesor especificado (p.e. en fibra de carbono); en este mismo proceso, además de las capas de material compuesto mencionadas anteriormente, se apilan y se someten al proceso de curado simultáneamente:

  - la malla de bronce de hilo fino en la superficie externa del revestimiento cubriendo toda la superficie externa;
  - 10      - la malla de bronce de hilo grueso según la línea(s) de remachado solapando a la anterior en una distancia no inferior a 50 mm a ambos lados de la hilera de elementos sujetadores y en la cara externa del revestimiento;
  - 15      - una capa de fibra de vidrio u otro material aislante en la superficie interna del revestimiento, cubriendo la distancia necesaria para evitar el contacto con la pieza interna a sujetar sobre el revestimiento;
- 20      ◦ Ubicación de la pieza interna a sujetar y taladrado del conjunto practicando el avellanado correspondiente en la superficie externa del revestimiento;
- 25      ◦ Montaje de las arandelas (cuando la pieza interna sea de material metálico) y posteriormente del elemento sujetador (remache o tornillo) con la arandela y tuerca correspondiente cuando proceda;
- 25      ◦ Aplicación de una capa de acabado orgánico externa (p.e. pintura).

### **APLICABILIDAD DE LA INVENCION**

30      La presente invención se traduce en un sistema que permite la protección de una estructura frente a descargas eléctricas (rayos) y que basa su capacidad inventiva en la mejora en cuanto a mantenibilidad, ahorro de peso, reducción de costes y facilidad de fabricación. La eficiencia de la solución solicitada está avalada por ensayos basados en los parámetros y requisitos de las autoridades de certificación (JAA).

El montaje de los componentes que integran el sistema de protección resulta de gran sencillez dado que la instalación de la(s) malla(s) puede realizarse al mismo tiempo que el curado del revestimiento exterior, simplificándose enormemente el sistema de fabricación de la protección propuesta.

5

La sencilla instalación de una capa de fibra de vidrio entre el revestimiento exterior y la pieza interna a sujetar permite la utilización de materiales compuestos o metálicos en este último elemento sin riesgo de corrosión y/o "sparking", manteniendo la eficacia de la unión en cuanto a protección estructural.

10

La utilización de una malla fina y una gruesa permite tener una solución sencilla de fabricación en zonas críticas en las que se pretende evitar arcos eléctricos que podrían dar lugar a la ignición del combustible. La malla gruesa solapa a la fina. El uso de dos tipos de mallado permite incrementar la protección en las zonas más críticas sin comprometer la eficacia global de la configuración propuesta. Así pues, se evita de esta manera, la utilización de elementos adicionales necesarios en otras soluciones patentadas que resultan de difícil instalación, siendo además costosos desde el punto de vista de montaje así como de mantenimiento e incrementando el peso global de la configuración resultante.

20

La malla de bronce propuesta por la presente invención presenta buenas características de mantenibilidad y durabilidad avaladas por los ensayos realizados a lo largo del tiempo, no requiriendo la aplicación de ningún recubrimiento especial para conservar su integridad.

25

### **BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS**

Se describe seguidamente la invención con más detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

30

la figura 1, ya mencionada antes, muestra las dos partes fundamentales (fibras y matriz) de una estructura constituida a partir de un apilado de capas de material compuesto,

la figura 2, también mencionada antes, muestra esquemáticamente el mecanismo de distribución de la corriente generada por la descarga de un rayo, y

la figura 3 es una vista en sección que ilustra parte de la estructura de revestimiento de material compuesto de un depósito de combustible.

### **DESCRIPCION DE UNA REALIZACION PREFERIDA**

Con el fin de explicar la invención, pero de ninguna manera limitarla, se describe a continuación un ejemplo general representativo del sistema presentado. Con ayuda del dibujo de sección presentado (Figura 3), y a modo de detalle, se representa una zona externa correspondiente al revestimiento (I) de un depósito de combustible, hecha de un material compuesto (p.e. fibra de carbono en matriz epoxi) que se une a una pieza metálica interna (II) (elemento estructural interno del tanque) a través de un elemento sujetador (III), por ejemplo un tornillo o remache de titanio de cabeza avellanada, cuyo vástago está sujeto a la cara interna a través de una arandela (A) (de material aislante cuando la pieza interna a la que sujeta sea de material compuesto, y metálica cuando la pieza interior a sujetar también sea metálica), y una tuerca (T) que asegura la fijación, con los siguientes elementos destinados a la protección del sistema definido:

- Una malla fina de cobre (1) cubriendo la superficie externa del revestimiento (I). Esta malla se aplica curándola conjuntamente con dicho revestimiento.
- Una malla gruesa de cobre (2) solapando a la anterior a ambos lados de la línea de remaches (elementos sujetadores (III)) un mínimo de 50 mm en cada sentido. Esta malla cubre dicha línea de remaches y se aplica curándola simultáneamente con el revestimiento exterior (I) de material compuesto, tras lo cual se realiza un proceso de taladrado y avellanado para la instalación de los elementos sujetadores (III) que permiten la unión del revestimiento exterior (I) con la pieza interna (II).
- Una arandela metálica avellanada (3) de titanio por ejemplo, que se adapta a la holgura entre el elemento sujetador y la estructura de fibra de carbono y pone en contacto eléctrico la(s) malla(s) externas con la subestructura

metálica y/o elemento interno estructural metálico destinado para tal fin. Dicha arandela será de un material compatible con la fibra y el elemento sujetador y de alta conductividad eléctrica. La instalación de estas arandelas no será necesaria en toda la hilera del remachado sino sólo cada 200 mm aproximadamente; dicha distancia asegura una optimización en lo que se refiere a la fabricación, peso y costes sin comprometer la eficiencia de la protección.

5

10

- Una capa de fibra de vidrio (F.V.) en la superficie de contacto entre el revestimiento y el elemento estructural interno metálico.

15

- Una arandela (A) y que permite una fijación de las partes (I) y (II) a través del elemento sujetador (III) y que previene a la unión de posibles arcos eléctricos internos provocados por la diferencia de potencial originada por la diferencia de resistividades entre materiales distintos. Dicho elemento (A) será de material aislante (fibra de vidrio) cuando la pieza interna (II) sea de material compuesto, y de material metálico cuando la pieza interna también lo sea, asegurando la continuidad eléctrica a través de un buen contacto.

20

Finalmente, el conjunto se encuentra cubierto en el revestimiento exterior (I) por un acabado orgánico (A.O.) no conductor, por ejemplo pintura.

25

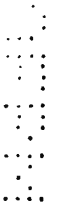
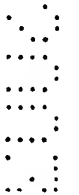
La descripción anterior se ha hecho con referencia a la que se considera actualmente como la realización preferida de la invención, aunque, por supuesto, se podrá introducir en ella cualquier modificación que se estime pertinente, siempre que ésta caiga dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones. Estas modificaciones podrían incluir el uso de materiales diferentes, disposiciones diferentes de los componentes del sistema de protección descrito, etc.

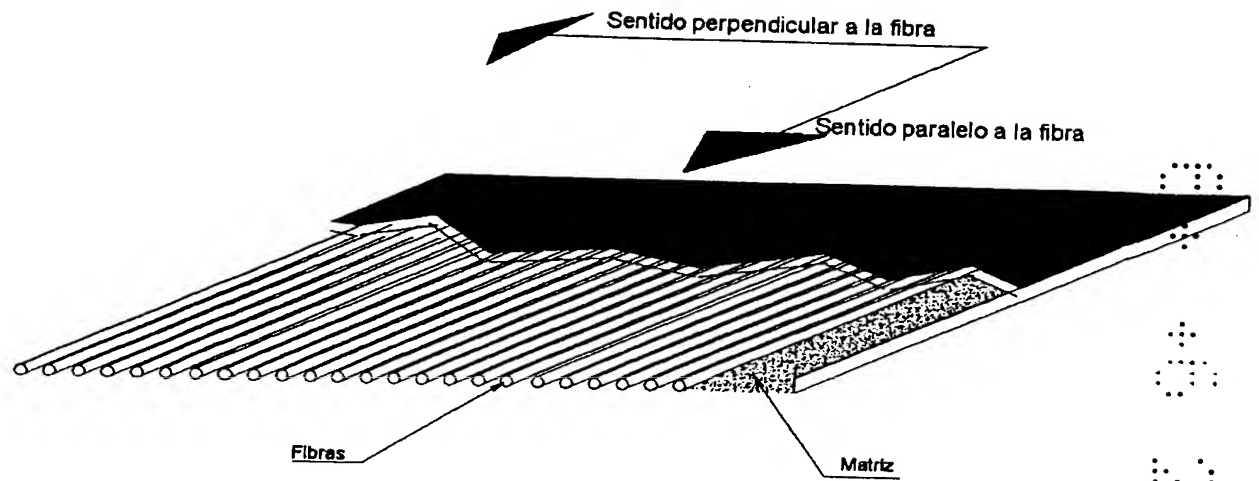
## REIVINDICACIONES

- 1.- Un sistema de protección estructural frente a descargas eléctricas, especialmente rayos, destinado a depósitos o tanques de combustible que están total o parcialmente contruidos en material compuesto y que comprenden un revestimiento exterior (I) de material compuesto, una pieza interna (II) de material compuesto o metálico y una hilera de remaches o elementos sujetadores (III) de material metálico, cada uno con una tuerca (T), que unen dicho revestimiento exterior (I) con dicha pieza interna (II), consistiendo el sistema de protección en una primera malla metálica (1) aplicada sobre toda la superficie externa de dicho revestimiento exterior (I), una segunda malla metálica (2) situada debajo de dicha malla (1), una arandela (A) interpuesta entre dicha tuerca (T) y la cara inferior de dicha pieza interna (II), y un acabado orgánico (A.O.) que cubre toda la superficie externa de la estructura a proteger, incluida la hilera de elementos sujetadores (III), caracterizado porque:
- la malla (1) es una malla de hilo metálico fino aplicada curando el revestimiento exterior (I) de material compuesto conjuntamente con ella;
  - la malla (2) es una malla de hilo metálico grueso que cubre la hilera de elementos sujetadores (III) solapando un mínimo de 50 mm a la malla metálica fina (1) a ambos lados respecto a la hilera de elementos sujetadores (III) y que se ha aplicado curándola simultáneamente con el revestimiento exterior (I) de material compuesto y procediendo posteriormente a un taladrado y avellanado para la instalación de los elementos sujetadores (III) que permiten la unión del revestimiento exterior (I) con la pieza interna (II); y
  - en caso de que la pieza interna (II) sea de material metálico, el sistema de protección incluye también una arandela avellanada (3) de material metálico instalada cada 200 mm en la hilera de elementos sujetadores (III), en la holgura existente entre el elemento sujetador (III) y la sección compuesta por el revestimiento exterior (I) y la pieza interna (II) a sujetar.

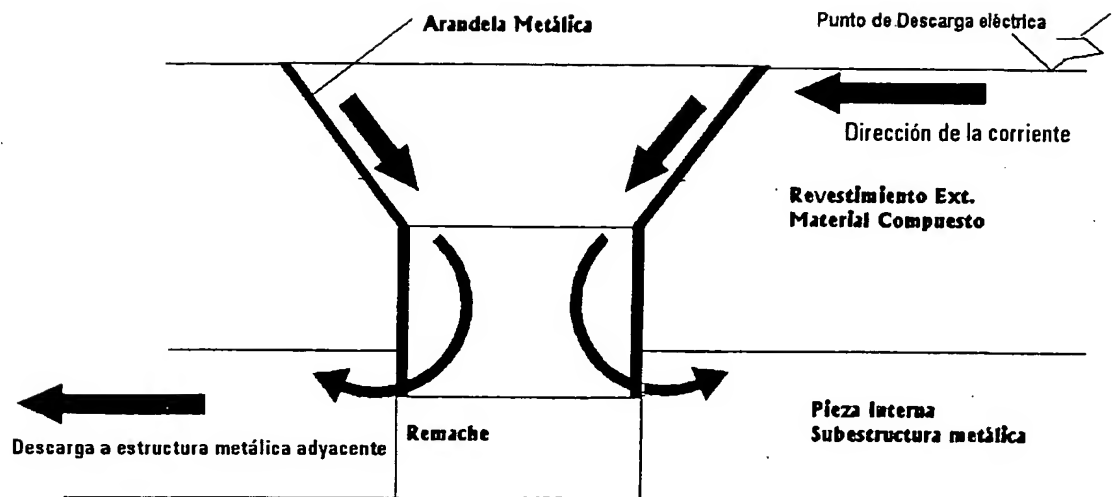
- 2.- Un sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque ambas mallas metálicas fina y gruesa (1) y (2) son de bronce y el material compuesto correspondiente al revestimiento exterior (I) está formado por fibra de carbono en matriz epoxi.
- 5 3.- Un sistema según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque la arandela (A) es de material aislante cuando la pieza interna (II) es de material compuesto, mientras que dicha arandela (A) es de material metálico cuando la pieza interna (II) es también metálica.
- 10 4.- Un sistema según las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque incluye además una capa aislante (F.V.) que consiste en fibra de vidrio u otro material aislante cuando la pieza interna (II) es de material metálico.
- 15 5.- Procedimiento de fabricación del sistema de protección estructural frente a descargas eléctricas expuesto en las reivindicaciones 1 a 4, que comprende los pasos siguientes:
- o fabricación del revestimiento exterior (I) de material compuesto con el apilado de capas de material requeridas hasta lograr el espesor especificado (p.e. en fibra de carbono), durante la cual, además de las capas de material compuesto mencionadas anteriormente, se apilan y se someten a un proceso de curado simultáneamente:
- la malla (1) de bronce de hilo fino en la superficie externa del revestimiento exterior (I) cubriendo toda la superficie externa,
  - la malla (2) de bronce de hilo grueso según la(s) línea(s) de sujeción solapando a la malla anterior en una distancia no inferior a 50 mm a ambos lados de la hilera de elementos sujetadores (III) y en la cara externa del revestimiento exterior (I),
  - una capa (F.V.) de fibra de vidrio u otro material aislante en la superficie interna del revestimiento exterior (I), cubriendo la distancia necesaria para evitar el contacto con la pieza interna (II) a sujetar sobre el revestimiento exterior (I);

- ubicación de la pieza interna (II) a sujetar y taladrado del conjunto practicando el avellanado correspondientes en la superficie externa del revestimiento interior (I);
- montaje de las arandelas (3) (cuando la pieza interna (II) es de material metálico) y posteriormente del elemento sujetador (III) con la arandela (A) y la tuerca (T) correspondientes cuando proceda;
- 5 • aplicación de una capa de acabado orgánico externa (A.O), tal como una capa de pintura.

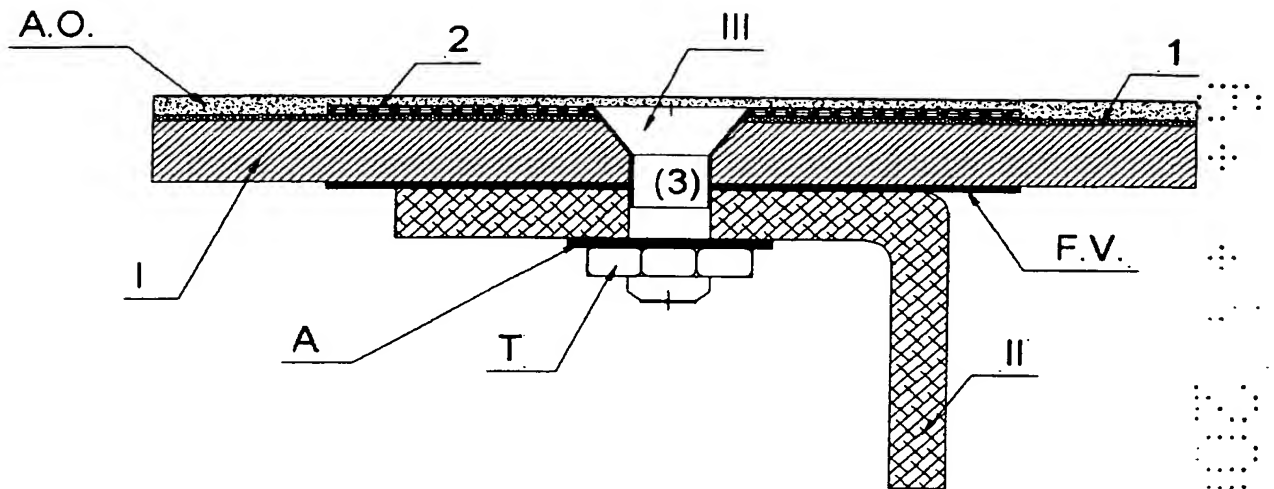




**Figura 1**

*Figura 2*





**Figura 3**

